

# 洛阳市城区雪松松针铅含量空间分布

杨国海, 田耀武

(河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**通过对洛阳市城区居民区、商业区、工业区、风景区 4 种功能类型区中的 11 个采样点中的 10~15 年生雪松松针(SA)、地面落针(SB)和 20~30 年生雪松松针(SC)、地面落针(SD)中重金属 Pb 含量的测定,分析了洛阳市城区大气中 Pb 污染现状。结果表明:洛阳市城区雪松松针 Pb 含量平均为 1.606 mg/kg,属重金属轻度污染;居民区、商业区、工业区、风景区雪松松针 Pb 含量差异显著,表现为工业区>居民区>商业区>风景区;松针中 Pb 含量主要受冶炼、工业废气、汽车尾气排放等人为活动因素影响。雪松松针 Pb 含量分异性可以客观反映城市不同区域内大气 Pb 污染程度,这为城市环境保护研究提供了新方法,值得推广使用。

**关键词:**雪松松针; 铅含量; 洛阳城区; 空间分布

中图分类号:S718.45;X131

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0252-04

## Spatial Distribution of Pb Concentration in Cedar (*Cedrus deodara*) Needles in the Center of Luoyang City

YANG Guo-hai, TIAN Yao-wu

(College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang, He'nan 471003, China)

**Abstract:** The concentrations of Pb accumulated by air pollution in the cedar (*Cedrus deodara*) tree needles from the center Luoyang City were measured. The needle samples were collected from 4 types of trees (SA: needles from 10~15-year-old trees, SB: fallen needles on the ground from 10~15-year-old trees, SC: needles from 20~30-years-old, and SD: fallen needles on the ground from 20~30-years-old) from 11 different locations with different degrees of metal pollution (residential, industrial, commercial and scenic regions). Concentrations of Pb were determined for types and sampling regions. Results showed that average value of Pb concentrations in the cedar tree needles was 1.606 mg/kg, and the city was slightly polluted by Pb. There were significant differences in the Pb among residential region, commercial region, industrial region and scenic region, and decreased in the order of industrial region > commercial region and residential region > scenic region. The spatial variability of test heavy metals in cedar needles was mainly affected by the industrial discharge of the metals. The concentration of Pb in cedar tree needles can objectively and better indicate the air environmental pollution of heavy metals. It has been proved that this method is a good way in environmental protection by means of using the concentrations of heavy metals in cedar tree needles.

**Key words:** cedar tree needle; Pb concentration; center of Luoyang City; spatial distribution

城市是人类聚居和活动的重要场所,是人类对环境干扰最集中、最强烈、最频繁的地方。工业“三废”的排放、汽车尾气、城市垃圾和人类活动等因素的加剧,城市大气、土壤和植被中的铅含量有增加的趋势<sup>[1]</sup>,城市成为重金属空气污染和生态环境破坏严重的区域之一。重金属和部分微量元素可通过根部、叶片、降雨等途径进入植物体内,但高等植物根部吸收

量只占很少一部分,大部分为叶片从空气中直接吸收<sup>[2]</sup>。城市大气中的重金属既可以被植物吸收通过食物链进入人体<sup>[3-6]</sup>,也可通过扬尘进入人体,危害人体健康<sup>[7-9]</sup>。植物叶片可富集多种重金属元素,其含量与树木所处的环境密切相关<sup>[10]</sup>。所以植物叶片重金属含量可以指示大气环境污染程度,利用植物叶片的这种指示作用可以评价生态评价环境质量。20 世

收稿日期:2011-04-12

修回日期:2011-07-17

资助项目:河南科技大学博士科研基金(09001445)

作者简介:杨国海(1989—),男,云南人,主要从事生态学及林业遥感研究。E-mail:hkdyangguohai@126.com

通信作者:田耀武(1975—),男,河南人,主要从事森林生态学及重金属污染研究。E-mail:tianyaowu@126.com

纪 70 年代洛阳市主城区主干道大规模栽种雪松(*Cedrus deodara*)，雪松已成为洛阳市园林绿地中常绿优势树种。本研究通过调查洛阳市城区雪松松针铅含量分布差异性，分析洛阳市生态环境质量，为城市绿化及重金属的生态调控提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

洛阳市位于河南省西部，地处 111°08′—112°59′E、33°35′—35°05′N，北亚热带向暖温带过渡的气候带，气候温和，光、热、水资源丰富。大陆性季风气候明显，年平均气温 12.0~14.7℃，年均降雨量 532~851 mm<sup>[11]</sup>，年均日照时数 2 291.6 h。洛阳是中国重要的重工业城市之一。重金属污染源主要来自工业生产、汽车尾气、施工扬尘和汽车轮胎磨损产生的大量有害气体和粉尘等。近年来城市大气中 Pb 等重金属污染物含量呈急剧上升趋势。

1.2 样品采集

确定工业区、商业区、居民区、风景区 4 类城市功能区，在 4 个功能区内设置 11 个采样点：火车站广场(A，商业区)、牡丹广场西(B，居民区)、周山森林公园(C，风景区)、东花坛(D，居民区)、牡丹公园南(E，商业区)、谷水东(F，居民区)、张古洞(G，风景区)、中国一拖厂区(H，工业区)、财会学院北(I，居民区)、九都新村(J，居民区)、唐宫路(K，商业区)，每个采样点面积控制在 0.5 km<sup>2</sup> 之内。2010 年 1 月 1—5 日在采样点内分别从雪松的上、中、下部分别摘取和收集行道树和庭院 10~15 年生雪松松针(SA)、地面落针(SB)和 20~30 年生雪松松针(SC)、地面落针(SD) 4 种类型松针样品各 300 g，充分混合。

1.3 样品测定

去除样针中土迹和附着颗粒物，用自来水冲洗 3 次，去离子水冲洗 2 次，70℃烘干 48 h，将烘干后的样品剪碎，称量 3 g 左右置入硝化管中，加入 5 ml 浓硝酸(超级纯)，浸泡过夜，将温度升至 80℃消解 1 h，在 120~130℃消解 24 h，冷却定容<sup>[12]</sup>，用 ICP—AES 分析 Pb 含量。

1.4 数据分析

测定结果采用 SAS 8.0 统计软件进行 ANOVA 方差分析、Pearson 相关分析和单项污染指数分析，见式(1)<sup>[13]</sup>。

$$C=C_m/C_K \tag{1}$$

式中：C——污染指数；C<sub>m</sub>——采样点植物叶片的重金属实测值；C<sub>K</sub>——对照区对应植物的重金属实测值，一般选取污染较轻的采样点作为对照。本文选择

周山森林公园雪松松针的 Pb 含量作为对照。污染等级评价方法见表 1。

表 1 单项污染指数及评价等级<sup>[14]</sup>

污染等级	污染指数	污染程度
I	≤1.2	无污染
II	1.3~2.2	轻度污染
III	2.3~3.2	中度污染
IV	3.3~4.2	重污染
V	≥4.3	严重污染

2 结果与分析

2.1 松针铅含量

洛阳市城区雪松松针 Pb 平均含量是 1.606 4 mg/kg(表 2)，中国一拖厂区附近污染较为突出，Pb 含量达 2.344 mg/kg(图 1)。工业生产、车流量、人类活动、植被覆盖等对松针 Pb 含量有很大影响，植被很丰富车流量少的周山森林公园污染程度最轻，据调查该地区位于洛阳高新技术产业开发区孙旗屯乡境内，公园面积达 720 hm<sup>2</sup>，核心区面积 15 hm<sup>2</sup>。丰富的植被覆盖改善了该地区及洛阳市的生态环境。这充分说明，叶片的含铅量除了和工业生产、汽车尾气、轮胎磨损等有关外，和人为活动、施工扬尘、周边的植被覆盖率也有明显关系。

表 2 洛阳市城区雪松松针重金属 Pb 平均含量(2010 年 1 月)

采样点	Pb 含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )
幼龄松针(SA)	1.4713±0.454
落叶落针(SB)	1.5807±0.522
壮龄松针(SC)	1.5913±0.775
壮树落针(SD)	1.7823±1.300
平均含量	1.6064

2.2 污染指数

单项污染指数法可以评价雪松松针 Pb 污染程度，也即植物的大气污染指数。通过植物的大气污染指数可间接进行大气质量等级评价。为了进行比照，本研究选择使用污染较轻的周山森林公园作为对照区，其松针 Pb 含量为 0.903 1 mg/kg。

11 个采样点分布在洛阳市不同的城市功能区内，代表不同的人类活动类型。洛阳市 11 个采样点松针铅含量污染指数(表 3)表明：洛阳市主城区中有 1 处属于中度污染，有 8 处属于轻度污染，有 3 处属于无污染，未见有铅重污染和严重污染的区域。洛阳市周山森林公园、东花坛、唐宫路的铅污染程度很小，仅有极个别区域因为临时情况而出现铅中度污染。不存在铅重污染或严重污染，这说明采样点所在区域的空气质量无严重污染。同时也说明，为了改善洛阳城区生态环境，洛阳市在治理和改善城市环境质量方面付出的努力有了明显的回报。

表 3 洛阳市城区 Pb 污染指数及评价等级

采样点	Pb 含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	污染指数	等级
火车站广场	1.6185	1.792	Ⅱ
牡丹广场西	1.7355	1.922	Ⅱ
东花坛	1.1653	1.290	Ⅰ
牡丹公园南	1.6485	1.825	Ⅱ
谷水东	1.6797	1.860	Ⅱ
张古洞白马寺	1.7654	1.955	Ⅱ
中国一拖	2.3443	2.596	Ⅲ
财会学院北	1.7141	1.898	Ⅱ
九都新村	1.9584	2.169	Ⅱ
唐宫路	1.1376	1.260	Ⅰ

2.3 Pb 含量分异性

SA 松针 Pb 含量最高为中国一拖厂区(2.224 mg/kg),最低为周山森林公园风景区(0.939 mg/kg),其含量为中国一拖厂区的 42.2%;SB 松针 Pb

含量最高为中国一拖厂区(2.417 mg/kg),最低为周山森林公园风景区(0.895 mg/kg),其含量为中国一拖厂区的 37.0%;SC 松针 Pb 含量最高为牡丹广场西(2.274 mg/kg),最低为周山森林公园风景区(0.807 mg/kg),其含量仅为牡丹广场西的 35.4%;SD 松针 Pb 含量最高为中国一拖厂区(2.673 mg/kg),最低为周山森林公园风景区(0.969 mg/kg),其含量为中国一拖厂区的 36.2%(图 1)。

所有类型的松针 Pb 含量中,周山森林公园 Pb 含量最低,其平均含量为 0.903 1 mg/kg。而中国一拖厂区附近 Pb 含量在 SA、SB、SD 三种类型松针中含量最高,其平均含量为 2.344 3 mg/kg。只有在 SC 中是牡丹广场西含量最高。造成这个结果的原因可能和实验条件的差异有关。如采样松针清洗与未清洗,采样时间等均能对研究结果产生不同程度的影响。

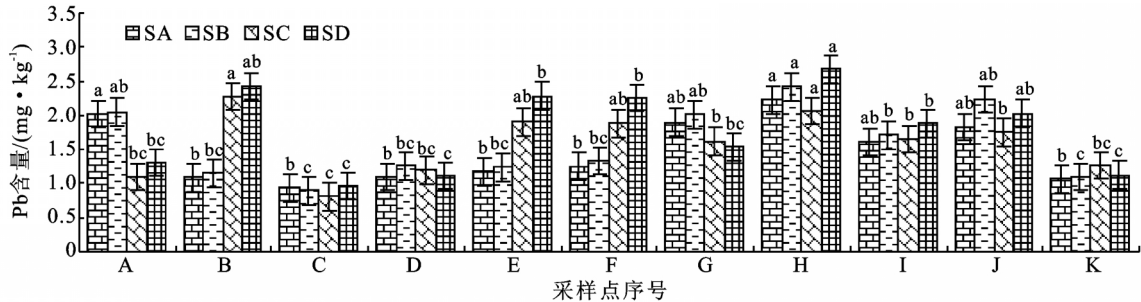


图 1 11 个采样点不同松针种类 Pb 含量

研究区域间铅含量差异显著,并且 Pb 含量总体趋势是工业区>居民区>商业区>风景区(图 2)。

Pb 及其化合物是一种不可降解的环境污染物。铅是构成地壳的元素之一,含量约为 13 mg/kg。全世界每年消耗铅量约为 400 万 t,仅有 1/4 回收利用,其余大部分以不同形式污染环境。

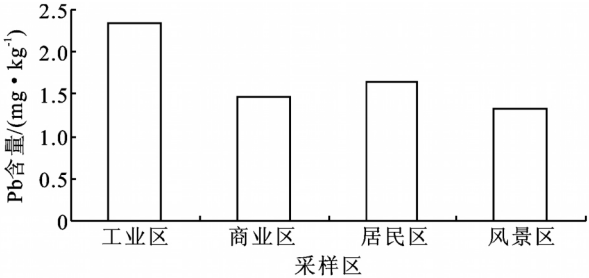


图 2 各采样区域 Pb 平均含量分布

铅污染来源广泛,主要来自冶炼、汽车废气和汽车轮胎磨损,以及制造和使用铅制品的工矿企业,如蓄电池、铸造合金、电缆包铅、油漆、颜料、农药、陶瓷、塑料、辐射防护等企业。汽车使用的含铅汽油中常加入四乙基铅作为防爆剂,汽油燃烧时四乙基铅分解为无机铅盐及铅的氧化物,随汽车尾气排出,成为城市铅污染的重要来源。相关研究中不同地区 Pb 含量的

分异性见表 4。铅污染来源除了以上因素外,还和施工扬尘、植被覆盖率等因素密切相关。

表 4 不同城市植物叶片中 Pb 含量

地点	植物叶片	Pb 含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	数据来源
株州市某冶炼厂	夹竹桃	233.00	文献[15]
惠州市工业区	大叶榕	3.57	文献[16]
	紫荆	4.18	
烟台市汽车站	园柏	8.70	文献[17]
	侧柏	6.70	
	悬铃木	10.00	
南京市主干线	蜀桧	4.30	文献[18]
南充市滨江路	黄葛树	7.60	文献[19]
	万年青	4.55	
广州市西村电厂	大叶榕	12.80	文献[20]
	小叶榕	10.60	
合肥市交通干线	小蜡	57.51	文献[21]
北京市官园桥北	国槐	3.32	文献[12]
沈大高速路旁	玉米	0.22	文献[22]
北京市北太平桥	杨树	7.80	文献[23]
伊朗德黑兰工业区	外高加索松针	42.60	文献[24]
京石高速林带	毛白杨	8.18	文献[25]
Konya (Turkey)	黎巴嫩雪松	2.05	文献[26]

### 3 结论

(1) 洛阳城区雪松松针重金属 Pb 含量均表现为落地松针>树上松针,壮龄松针>幼龄松针。说明植物叶片重金属 Pb 的含量可能和植物生长的年限有关,植物叶片所含重金属 Pb 有富集效应。

(2) 采样点间 Pb 含量差异显著,松针类型间 Pb 含量差异显著,并且研究区域总体呈现:工业区>居民区>商业区>风景区。这说明空气含铅量除了和工业生产、汽车尾气、轮胎磨损等因素有关外,和施工扬尘、人为活动、周边的植被覆盖率也有明显关系。

(3) 通过研究认为市区常绿绿化植物雪松松针中重金属 Pb 富积量是监测和评价城市大气重金属污染的重要科学数据,植物叶片的重金属污染可以指示大气污染程度。

#### 参考文献:

- [1] Otvos S E, Pazmandi T, Tuba Z. First national survey of atmospheric heavy metal deposition in Hungary by the analysis of mosses[J]. Science of the Total Environment, 2003, 309: 151-160.
- [2] Reimann C, Koller F, Kashulina G, et al. Influence of extreme pollution on the inorganic chemical composition of some plants[J]. Environmental Pollution, 2001, 115: 239-252.
- [3] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [4] 李天杰. 土壤环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [5] 何振立. 污染及有益元素的土壤化学平衡[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998.
- [6] 管东升, 陈玉娟, 阮国标. 广州城市及近郊土壤重金属含量特征及人类活动的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2001, 40(4): 93-96.
- [7] Staglini W M, Doelman P, Salomons W, et al. Chemical time bombs: predicting the unpredictable[J]. Environment, 1991, 33: 4-301.
- [8] Konsten C J M, ter Meulen-Smidt G R B, Stigliani W M. Summary of the workshop on delayed effects of chemical in soils and sediments (chemical time bombs) with emphasis the Scandinavian region[J]. Applied Geochemistry, 1993, 12: 295-299.
- [9] Chen T B, Wong J W C, Zhou H Y, et al. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hongkong[J]. Environmental Pollution, 1997, 96: 61-68.
- [10] Lau O W, Luk S F. Leaves of Bauhinia blakeana as indicators of atmospheric pollution in Hong Kong[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35: 3113-3120.
- [11] 洛阳年鉴编纂委员会. 洛阳年鉴[S]. 北京: 中华书局, 2000.
- [12] 刘志彦, 陈桂珠, 田耀武. 不同水稻品系幼苗对砷(As)的耐性、吸收及转运[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3228-3235.
- [13] 王崇臣, 黄忠臣. 北京市区植物叶片铅镉污染现状[J]. 北京建筑工程学院学报, 2008, 24(3): 23-29.
- [14] 马跃良, 贾桂梅, 王云鹏, 等. 广州市区植物叶片重金属元素含量及其大气污染评价[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(6): 28-30.
- [15] 陈学泽, 谢耀坚, 彭重华. 城市植物叶片金属元素含量与大气污染的关系[J]. 城市环境与城市生态, 1997, 10(1): 45-47.
- [16] 邱媛, 管东生, 陈瑶华, 等. 惠州市植物叶片和叶面降尘的重金属特征[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(6): 98-103.
- [17] 庄树宏, 王克明. 城市大气重金属(Pb, Cd, Cu, Zn)污染及其在植物中的富积[J]. 烟台大学学报: 自然科学与工程版, 2000, 13(1): 31-37.
- [18] 殷云龙, 骆永明, 张桃林, 等. 南京市城乡公路蜀桧叶片中金属元素和氮、硫含量分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 929-932.
- [19] 梁鸿霞, 翟通德, 陈中兰, 等. 南充市区绿化植物叶片重金属元素含量及其大气污染评价[J]. 西华师范大学学报: 自然科学版, 2006, 27(4): 435-438.
- [20] 马跃良, 贾桂梅, 王云鹏, 等. 广州市区植物叶片重金属元素含量及大气污染评价[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(6): 28-30.
- [21] 马跃良, 贾桂梅, 王云鹏, 等. 广州市区植物叶片重金属元素含量及大气污染评价[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(6): 28-30.
- [22] 胡星明, 王丽平, 李恺, 等. 城市交通大气与土壤重金属对小蜡生物富集作用的影响[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 154-157.
- [23] 甄宏. 沈大高速公路旁粮食和水果中重金属污染特征研究[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(3): 1-5.
- [24] 赵承易, 戚琦, 季海冰, 等. 北京交通干道旁杨树叶中重金属和硫的测定及大气污染状况的研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2001, 37(6): 795-799.
- [25] Kord B, Mataji A, Babaie S. Pine (*Pinus eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution[J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2010, 7: 79-84.
- [26] 王成, 鄯光发, 杨颖, 等. 高速林带对车辆尾气重金属污染的屏障作用[J]. 林业科学, 2007, 43(3): 1-7.
- [27] Onder S, Dursun S. Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich) in the city centre of Konya (Turkey) [J]. Atmospheric Environment, 2006, 40: 1122-1133.